

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-37886

(P2004-37886A)

(43) 公開日 平成16年2月5日(2004.2.5)

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

G02B 26/10

B41J 2/44

B81B 3/00

F1

G02B 26/10

G02B 26/10

B81B 3/00

B41J 3/00

F

104Z

D

テーマコード(参考)

2C362

2H045

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2002-195527(P2002-195527)

(22) 出願日 平成14年7月4日(2002.7.4)

(特許庁注: 以下のものは登録商標)  
パイレックス

(71) 出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(74) 代理人 100073760

弁理士 鈴木 誠

(74) 代理人 100097652

弁理士 大浦 一仁

(72) 発明者 藤井 光英

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

(72) 発明者 佐藤 幸人

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式  
会社リコー内

Fターム(参考) 2C362 BA18 BA83

2H045 AB06 AB26 AB44 AB73 DA02

(54) 【発明の名称】 光走査装置

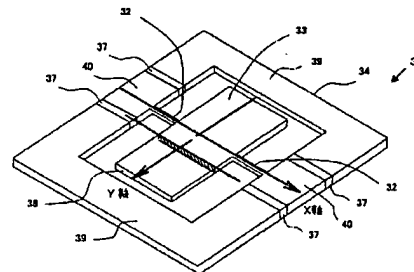
(57) 【要約】

【課題】 捻り梁で支持された微小ミラーを、捻り梁を捻り回転軸として往復振動させる光走査装置において、ミラーを軽量化するとともにミラーの反りを効果的に抑える。

【解決手段】 ミラー33は捻り梁32を捻り回転軸として往復振動するが、捻り回転軸と平行なミラー33の断面2次モーメントが、捻り回転軸から離れるに従って減少するように、ミラー33の断面形状を捻り回転軸からの距離に応じて変化させる。具体的には、例えば、ミラー33の裏面を肉抜きし、この肉抜きの面積又は深さを、捻り回転軸から離れるに従って増加させる。

【選択図】

図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

ミラーが捻り梁により支持され、前記捻り梁を捻り回転軸として前記ミラーを往復振動させる構成の光走直装置において、前記ミラーの前記捻り回転軸と平行な断面2次モーメントが前記捻り回転軸から遠ざかるに従って減少にするように、前記ミラーの断面形状を前記捻り回転軸からの距離に応じて変化させたことを特徴とする光走直装置。

## 【請求項2】

請求項1記載の光走直装置において、前記ミラーのミラー面と反対の面を肉抜きし、この肉抜きの面積を前記捻り回転軸から離れるに従って増加させたことを特徴とする光走直装置。

10

## 【請求項3】

請求項1記載の光走直装置において、前記ミラーのミラー面と反対の面を肉抜きし、この肉抜きの深さを前記捻り回転軸から離れるに従って増加させたことを特徴とする光走直装置。

## 【請求項4】

請求項1記載の光走直装置において、前記ミラーのミラー面と反対の面を、前記捻り回転軸に平行な第1の梁及び前記捻り回転軸に直交する方向の第2の梁を残して肉抜きし、前記第2の梁の個数を前記捻り回転軸から離れるに従って減少させたことを特徴とする光走直装置。

## 【請求項5】

前記ミラー及び前記捻り梁が一体的に形成された導電性部材からなるミラー基板に、絶縁部材からなるベース部材が接合され、前記ベース部材には前記ミラー基板と電氣的に接続する貫通電極、及び、前記ミラーの振れ角を検出するための電極が形成されたことを特徴とする請求項1記載の光走直装置。

20

## 【請求項6】

前記ミラー及び前記捻り梁が一体的に形成された導電性部材からなるミラー基板の第1の面及び反対側の第1の面に、絶縁部材からなるベース部材及び透明部材からなるカバー部材がそれぞれ接合されて前記ミラーの振動空間が密閉され、前記ベース部材に前記ミラー基板と電氣的に接続する貫通電極が形成されたことを特徴とする請求項1記載の光走直装置。

30

## 【請求項7】

請求項6記載の光走直装置において、前記ミラーの振動空間の圧力を大気圧以下としたことを特徴とする光走直装置。

## 【請求項8】

請求項6記載の光走直装置において、前記ミラーの振動空間の圧力を0.1(Torr)以上かつ2(Torr)以下としたことを特徴とする光走直装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

## 【発明の属する技術分野】

本発明は、マイクロマシニング技術を応用した微小光学系に係り、特に、微小なミラーを捻り梁を回転軸として往復振動させる光走直装置に関する。

40

## 【0002】

## 【従来の技術】

IBM J. Res. Develop Vol. 24 (1980)に掲載されている光走直装置では、同一直線上に設けられた2本の梁で支持されたミラーを、それに対向する位置に設けた電極との間の静電引力で、2本の梁をねじり回転軸として往復振動させている。マイクロマシニング技術で形成されるこの光走直装置は、従来のモーターを使ったポリゴンミラーの回転による光走直装置と比較して、構造が簡単で半導体プロセスでの一括形成が可能のため、小型化が容易で製造コストも低く、また単一のミラー面であるため、ポリゴンミラーのような複数のミラー面の精度のばらつきによる影響もなく、さらに往復

50

走直であるため高速化にも対応できる等の利点がある。

#### 【0003】

このような静電駆動のねじり振動型光走直装置に関しては、特許第2924200号公報に、梁を8字型として剛性を下げ、小さな駆動力で大きな振れ角が得られるようにしたものが記載されている。また、特開平7-92409号公報に、梁の厚さをミラー、フレームよりも薄くしたものが記載されている。特許第3011144号公報、あるいは、The 13th Annual International Workshop on MEMS 2000 (2000) 473-478 に、固定電極をミラー部の振動方向に重ならない位置に配置したものが記載されている。また、The 13th Annual Workshop on MEMS 2000 (2000) 645-650 には、対向電極をミラーの振れの中心位置から傾斜させて設置すること、ミラーの振れ角を変えずに駆動電圧を下げたものが記載されている。また、特開2001-249300号公報に、ミラー部の軽量化を図るとともに反りを生じにくいミラー構造として、ミラー部の裏面に複数の凹部(肉抜き部)を形成し、その凹部を回転軸から離れるにしたがって相対的に小さくしたものが記載されている(同公報の図6)。また、振動空間の封止及び電気的接続に関しては、例えば特許第2924200号公報に、ハーメチックシールとワイヤボンディングによる典型的な構造が記載されている(同公報の図7)。

10

#### 【0004】

##### 【発明が解決しようとする課題】

20

本発明は、前記従来技術に鑑みてなされたものであり、捻り梁をねじり回転軸としてミラーを往復振動させる構成の光走直装置において、ミラーの軽量化を図るとともに反りの発生を効果的に抑え、より安定した光走直を可能にすることを目的とする。本発明のもう一つの目的は、ミラーの振れ角を高精度に制御可能にすることにある。本発明のもう一つの目的は、低い駆動電圧でミラーの大きな振れ角を得られるようにすることにある。本発明のもう一つの目的は、駆動のための電気的接続を低コストかつ確実に行うことができるようにすることにある。本発明のもう一つの目的は、ミラーの振動空間の封止を低コストで確実に行うことができるようにすることにある。

#### 【0005】

##### 【課題を解決するための手段】

30

図1乃至図7を参照し、本発明について説明する。

図1は本発明に係る光走直装置の基本構造を説明するための概略斜視図である。31はミラー基板31であり、例えば不純物濃度が比較的高いシリコン基板から、フォトリソグラフィ等の半導体プロセス技術によりミラー33、一對の捻り梁32及びフレーム34を一体的に形成してなるものである。ミラー33は捻り梁32を捻り回転軸として往復振動が可能である。ミラー32の一面には、走直光の波長に対して十分な反射率を持つ金属薄膜等からなるミラー面が形成される。なお、光走直装置の組立工程の途中において、フレーム34に分離溝37が形成されることにより、フレーム34は電気的に絶縁された4つの部分39、40に分割される。これは、ミラー33の捻り梁32と結合されない自由端部に対向したフレーム部分39を駆動用の固定電極として利用するためである。したがって、固定電極を金属薄膜などで別途形成する場合には、分離溝37は必ずしも形成しなくともよい。

40

#### 【0006】

図2は、ミラー33の駆動原理を説明するための模式図である。ミラー33の捻り梁32と結合していない2つの端部38と、それに狭いギャップを介して対向するフレーム部分39とが、それぞれ可動電極と固定電極となる。これらの電極間に駆動パルス発生装置29により図3(b)に示すような駆動パルスを印加すると、電極間に静電トルク $T_{\text{tr}} q$ が作用し、ミラー33は捻り梁32を捻り回転軸として往復振動する。図3(b)はミラー33の振動波形である。ミラー33の振れ角 $\theta$ (振動振幅)を大きくするため、駆動パルスの周波数は、ミラー33の慣性モーメント $I$ と捻り梁32の捻りバネ定数 $K\theta$ とによっ

50

て決まる共振周波数 $f_0$ と同一に設定される。この時のミラー33の共振周波数 $f_0$ と振れ角 $\theta$ は次式で与えられる。

【0007】

$$f_0 = (1/2\pi) \sqrt{(K\theta/I)} \quad (1)$$

$$\theta = (T\eta q/I) * K(f_0, C) \quad (2)$$

但し、 $K(f_0, C)$ は、共振周波数 $f_0$ 、粘性抵抗 $C$ の関数であり $f_0$ 、 $C$ に反比例する。 $C$ はミラーが振動する空間の粘性抵抗係数である。

【0008】

このようなミラー振動時にミラー33に働く慣性力によって、図4に模式的に示すようなミラー33の反りが発生する。本発明は、このミラー33の反りを効果的に抑制しようとするものである。ミラー33の反りについて次に解析する。図5及び図6はその説明図である。

10

【0009】

ミラー33の振動時に作用する加速度を $\alpha$ とすると、ミラー33の微小要素 $m_j$ に働く慣性力 $f_j$ は次式で与えられる。

$$f_j = m_j * \alpha_j \quad (3)$$

$m_j$ ：ミラーの微小要素質量。

【0010】

この時、ミラーの微小要素 $m_j$ を曲げ変形させる曲げモーメント $M$ はミラー先端部から $j$ までの総和で与えられる。

20

$$M = \sum M_j = \sum f_j * l_j \quad (4)$$

$l_j$ ：微小要素 $m_j$ の捻り回転軸からの距離

【0011】

曲げモーメントに対する曲げ強さは、断面2次モーメント $I$ で与えられる。

$$I = b * h^3 / 12 \quad (5)$$

$h$ と $b$ はミラーの厚さと幅である(図6参照)。

【0012】

ミラー33の反り量 $\delta$ は次式で表される。

$$\delta \propto M / (E * I) \quad (6)$$

$E$ ：ミラー33のヤング率

30

【0013】

ここで、前記特開2001-249300号公報に示されているミラー構造(同公報の図6参照)では、微小要素質量 $m_j$ が捻り回転軸から離れるに従って相対的に大きくなるため、(4)式から明らかなように曲げモーメント $M$ も増大し、よって(6)式から明らかなように反り量 $\delta$ が増加してしまう。

【0014】

これに対して、本発明による光走査装置は、ミラー33の捻り回転軸(捻り梁32)と平行な方向の断面2次モーメント $I$ (曲げ強さ)が、例えば図7に示すように捻り回転軸から遠ざかるに従って減少するように、ミラー33の断面形状を捻り回転軸からの距離に応じて変化させたことを特徴とする。具体的には、ミラー33の実質的な厚さ $h$ 及び/又は実質的な $X$ 軸方向幅 $b$ を、捻り回転軸から離れるに従って減少させる。このような断面形状をミラー33に持たせることにより、捻り回転軸から離れるに従って微小要素質量 $m_j$ が減少し、したがって曲げモーメント $M$ も減少するため、捻り回転軸から遠ざかるに従ってミラー33の断面2次モーメントが減少しても、ミラー33の反り量 $\delta$ を例えば図4の曲線 $L_2$ に示すように減少させることができる(図4中の曲線 $L_1$ は断面2次モーメントを均一にした場合の反り量)。かくして、本発明によれば、ミラー33を軽量化しつつ反り量を減少させることができる。

40

【0015】

また、本発明の光走査装置は、後記実施の形態に関連して具体的に説明するように、以下のような特徴を有する。

50

## 【0016】

請求項2に記載のように、請求項1記載の光走直装置において、ミラーのミラー面と反対の面を肉抜きし、この肉抜きの面積を前記捻り回転軸から離れるに従って増加させたことを特徴とする光走直装置。

## 【0017】

請求項3に記載のように、請求項1記載の光走直装置において、ミラーのミラー面と反対の面を肉抜きし、この肉抜きの深さを前記捻り回転軸から離れるに従って増加させたことを特徴とする光走直装置。

## 【0018】

請求項4に記載のように、請求項1記載の光走直装置において、ミラーのミラー面と反対の面を、前記捻り回転軸に平行な第1の梁及び前記捻り回転軸に直交する方向の第2の梁を残して肉抜きし、前記第2の梁の個数を前記捻り回転軸から離れるに従って減少させたことを特徴とする光走直装置。 10

## 【0019】

請求項5に記載のように、ミラー及び捻り梁が一体的に形成された導電性部材からなるミラー基板に、絶縁部材からなるベース部材が接合され、ベース部材にはミラー基板に電気的に接続する貫通電極、及び、ミラーの振れ角を検出するための電極が形成されたことを特徴とする請求項1記載の光走直装置。

## 【0020】

請求項6に記載のように、ミラー及び捻り梁が一体的に形成された導電性部材からなるミラー基板の第1の面及び反対側の第1の面に、絶縁部材からなるベース部材及び透明部材からなるカバー部材がそれぞれ接合されてミラーの振動空間が密閉され、ベース部材にミラー基板と電気的に接続する貫通電極が形成されたことを特徴とする請求項1記載の光走直装置。 20

## 【0021】

請求項7に記載のように、請求項6記載の光走直装置において、前記ミラーの振動空間の圧力を大気圧以下としたことを特徴とする光走直装置。

## 【0022】

請求項8に記載のように、請求項6記載の光走直装置において、前記ミラーの振動空間の圧力を0.1(Torr)以上かつ2(Torr)以下としたことを特徴とする光走直装置。 30

## 【0023】

## 【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態について説明する。なお、説明中で参照される複数の図面において、同一符号は同一部分又は同等部分を示す。

## 【0024】

《実施例1》 図8は、本発明の実施例1を説明するための斜視図である。図9は、Y軸と平行なある切断線でミラー基板31を切断した断面形状を示す概略断面図である。図10は、X軸（捻り回転軸）と平行なある切断線でミラー33を切断した断面形状を模式的に示した図である。 40

## 【0025】

本実施例においては、図8に見られるように、ミラー33のミラー面と反対側の面（図8中の上面）に、同じ面積で同じ深さの矩形の肉抜き部（凹部）44が複数個形成されている。これらの肉抜き部44は、捻り回転軸（X軸）から離れるほど個数が増加するように配設されている。すなわち、捻り回転軸から離れるに従ってミラー33の肉抜き面積が増加するような構成とされている。図10を参照するならば、ミラー33の肉厚部分45の面積が捻り回転軸から離れるにつれて減少する。したがって、捻り回転軸と平行な断面2次モーメントは、捻り回転軸から離れるに従って図11に示すように階段状に減少する。これ以外は、図1に関連して説明した構成と同様である。

## 【0026】

《実施例2》 図12は、本発明の実施例2を説明するための斜視図である。図13は、Y軸と平行なある切断線でミラー基板31を切断した断面形状を示す概略断面図である。図14は、X軸（捻り回転軸）と平行なある切断線でミラー33を切断した断面形状を模式的に示した図である。

【0027】

本実施例においては、図12及び図13に見られるように、ミラー33のミラー面と反対側の面（図12中の上面）に略全面にわたって肉抜き部50が形成されるが、この肉抜き部50の深さは、捻り回転軸から離れるに従って深さが増加する。すなわち、捻り回転軸から離れるに従ってミラー33の厚さは減少する。したがって、捻り回転軸と平行な断面2次モーメントは、捻り回転軸から離れるに従って図15に示すように減少する。これ以外は、図1に関連して説明した構成と同様である。

10

【0028】

《実施例3》 図16は、本発明の実施例3を説明するための一部破断平面図である。ただし、ミラー基板31のフレーム部分は図示されていない。図17は、捻り回転軸（X軸）と平行なある切断線でミラー33を切断した断面形状を示す概略断面図である。

【0029】

本実施例においては、図16及び図17に見られるように、ミラー33のミラー面と反対側の略全面にわたって同じ深さの肉抜き部55が形成されるが、X軸方向の梁59とY軸方向の梁60が残されている。ミラー33の捻り回転軸をばんだ各半面を見ると、X軸方向の梁59は均等な間隔で配置されるが、Y軸方向の梁60は捻り回転軸から離れるに従って間隔が増加する（本数が減少する）。断面2次モーメントに寄与するのはY軸方向の梁60であり、梁59は幅が数十 $\mu\text{m}$ であるため断面2次モーメントにはほとんど寄与しない。よって、捻り回転軸と平行な断面2次モーメントは、捻り回転軸から離れるに従って、図18に示すように階段状に減少する。これ以外は、図1に関連して説明した構成と同様である。

20

【0030】

《実施例4》 図19は、本発明の実施例4を説明するための分解斜視図である。本実施例の光走査装置は、ミラー基板31の裏面側にベース基板100を接合してなるもので、接合状態の断面構造を図20に示す。

【0031】

本実施例におけるミラー基板31は、ミラー33の捻り回転軸と平行な断面2次モーメントを捻り回転軸から離れるに従って減少させるため、ミラー33の裏面に前記実施例3と同様な肉抜きがなされている。ただし、ミラー33の裏面に前記実施例1又は2と同様な肉抜きをしてもよく、そのような態様も本発明に包含される。

30

【0032】

ベース基板100は、パイレックスガラス等の絶縁性基板部材からなる。ベース基板100の裏面には、ミラー33の振動空間を確保するための凹部が形成され、この凹部の底面にミラー33と対向する一対の振れ角検出電極102が形成されている。また、ベース基板100の表裏に貫通して、振れ角検出電極102と電氣的に接続した一対の貫通電極104と、ミラー基板31のフレーム部分39と電氣的に接続するための一対の貫通電極106と、ミラー基板31のフレーム部分40と電氣的に接続するための一対の貫通電極108が形成される。振れ角検出電極102は、例えばCrとAuを蒸着した2層の薄膜からなる。貫通電極104、106、108は、貫通孔加工後に貫通孔内部を例えばNiメッキで充填してなるものである。このような貫通電極は封止性も良好である。

40

【0033】

このようなベース基板100は図20に示すようにミラー基板31と接合される。接合後に、ミラー基板31に分割溝37が形成される。この分割溝37により分割されたフレーム部39（固定電極として作用する部分）と貫通電極106が電氣的に接続され、他方のフレーム部分40と貫通電極108が電氣的に接続される。したがって、貫通電極106、108を外部より駆動パルスを入力することができる。このように貫通電極によって駆

50

動パルスを印加するための電氣的接続を行う構成は、特許第2924200号公報に示されているようなワイヤボンディングによる接続方法に比べ、一般に低コストであり、また、接続の確実性も優れる。

【0034】

また、角振れ角検出電極102とミラー33との間の静電容量は、それらの間隔によって変化するため、その静電容量を貫通電極104を通じて測定することによりミラー33の振れ角を検出することができる。検出した振れ角に応じて駆動パルス電圧を制御することにより、外乱によるミラー33の振れ角の変動を補正できる。

【0035】

《実施例5》 図21は、本発明の実施例5を説明するための分解斜視図である。本実施例の光走直装置は、ミラー基板31の裏面側にベース基板100を、ミラー基板31のミラー面側にカバー基板200をそれぞれ接合し、ミラー33の振動空間を減圧状態に封止してなるもので、接合状態の断面構造を図22に示す。封止工法としてはハーメチックシール工法が用いられる。

10

【0036】

ミラー基板31は実施例4のものと同様のものであるが、実施例1、2又は3と同様のものでもよく、そのような態様も本発明に包含される。

【0037】

ベース基板100は実施例4のものと同様のものである。

【0038】

カバー基板200は、パイレックスガラス等の絶縁性を有する透明部材からなり、その内面側にミラー33の振動空間を確保するための凹部202が形成されている。走直光は、カバー基板200を通じてミラー基板33のミラー面に入射し、偏向された光はカバー基板200を通じて外部に出射される。

20

【0039】

本実施例の光走直装置は、ミラー33の振動空間204が封止され、外部からの塵等の異物の侵入が防止されるため、異物侵入による放電等の異常動作の発生が生じにくい。また、ミラー33の振動空間を減圧することにより粘性抵抗が低下し、低い駆動電圧でミラー33を大きな振れ角で振動させることができる。ミラー33の振動空間204は大気圧以下に減圧されるが、その圧力は0.1(Torr)以上、2(Torr)以下の範囲に

30

【0040】

本実施例の光走直装置の封止構造は、特許第2924200号公報に示されているような封止構造に比べ低コストで確実な封止が可能である。

【0041】

《基板接合方法》 前記実施例5の光走直装置の各基板の接合は、例えば、図23に略示するような陽極装置を用いて陽極接合法により行うことができる。

【0042】

図23において、351は接合加重を制御するための重りであり、352は接合電圧をコントロールする電源である。353はヒーターであり、このヒーター353に流れる電流を温度制御装置354で制御することによって接合温度を調整する。355はバキュームポンプであり、装置内部を負圧に保つ。356は観測窓である。

40

【0043】

接合工程を説明すると、まず、ミラー基板33とカバー基板200を重ねたものをワークWとして陽極装置にセットし接合する。このようにしてカバー基板200と接合された状態で、ミラー基板31の分割溝37を加工する。

【0044】

次に、カバー基板200と接合されたミラー基板31にベース基板100を重ねたものをワークWとして陽極装置にセットし、例えば、加重50g/cm<sup>2</sup>、装置内圧力0.1Torr~2Torr、接合温度500℃、接合電圧500V×25分の接合条件で接

50

合する。これにより3つの基板が接合され、ミラー33の振動空間が0.170mm~2.70mmに減圧封止され、同時に、ベース基板100の貫通電極106、108がミラー基板31の対応部分と電氣的に接続される。

#### 【0045】

バイレックスガラスをシリコンとの陽極接合による接合性が良好であるため、ミラー基板31をシリコン基板で形成し、ベース基板100とカバー基板200をバイレックスガラスで形成するならば、基板間を良好に接合して長期間安定な封止を達成できる点で有利である。ただし、一般的には、ミラー基板31は任意の導電性材料から、ベース基板100は任意の絶縁性材料から、また、カバー基板200は絶縁性かつ透明な任意の材料から形成することができる。また、前記実施例4のミラー基板とベース基板の接合も同様に陽極接合法によって行うことができることは当然である。

#### 【0046】

《振動空間圧力》 前記実施例1乃至4のいずれかの光走査装置（カバー基板200のないもの）を用い、以下に述べるような実験を行った。実験には図24に示すような評価装置を用いた。図24において、400は減圧容器であり、この中に評価対象の光走査装置402がセットされる。光走査装置402のミラーのミラー面にレーザ光源404からレーザ光ビームが照射され、ミラー面で偏向されたレーザ光ビームは光位置検出器406で受光される。光位置検出器406の検出信号は波形観測装置408に入力される。

#### 【0047】

まず、減圧容器400の内部圧力を様々に変えて、光走査装置402のミラーを駆動し、光位置検出器406の検出信号の波形（ミラーの振動波形）を波形観測装置408で観測し、圧力とミラーの振れ角 $\theta$ （振動波形の振幅に対応）の関係を求めた。その結果をプロットすると、図25に示すような特性曲線が得られた。この特性曲線から分かるように、振れ角 $\theta$ が最大になる圧力 $P_0$ がある。したがって、ミラー振動空間の圧力を $P_0$ 近辺とすることにより、低い駆動電圧で大きな振れ角を得ることができる。

#### 【0048】

このような圧力と振れ角との関係となる原因を調べるため、圧力と粘性抵抗係数との関係、圧力と駆動パルス・ミラー振動波形位相差の関係を以下のようにして調べた。

#### 【0049】

減圧容器400の内部圧力を様々に変えて、光走査装置402のミラーを駆動し、駆動を停止した時点からのミラーの減衰振動波形（図26参照）を波形観測装置408により観測し、この減衰振動波形から各圧力における粘性抵抗係数 $C$ を求めた。粘性抵抗係数 $C$ をプロットすると、図27に示すような特性曲線 $L_c$ が得られた。

#### 【0050】

減圧容器400の内部圧力を様々に変えて、光走査装置402のミラーを連続的に駆動し、ミラー振動波形と駆動パルス波形とを波形観測装置408により観測し、各圧力における駆動パルス波形とミラー振動波形との位相差 $\Delta\theta$ を求めた（図28参照）。求めた位相差 $\Delta\theta$ をプロットすると、図27に示すような特性曲線 $L_\theta$ が得られた。

#### 【0051】

以上の実験から、

（1） $P_0$ より圧力の低い領域では、粘性抵抗係数 $C$ はほぼ一定であるが、駆動パルスとミラー振動波形の位相差 $\Delta\theta$ は圧力が小さくなるに応じて大きくなる。このため振れ角が小さくなると考えられる。

（2） $P_0$ より圧力の高い領域では、圧力に関わらず位相差 $\Delta\theta$ はほぼ一定であるが、粘性抵抗係数 $C$ は圧力に比例して大きくなる。これより、圧力が大きくなるにつれて、振れ角 $\theta$ が小さくなっていく。

#### 【0052】

このようなことから、図25に示すような圧力と振れ角との関係が生じると理解される。ミラー振動空間の圧力を $P_0$ に設定するならば、低い駆動電圧で最大の振れ角を得ることができる。実際に設定されるミラー振動空間の最適な圧力は、ミラーの慣性モーメントと

10

20

30

40

50



捻り梁の捻りバネ定数とによって決まる共振周波数に依存するが、一般に0.1(Torr)～2(Torr)の範囲が適する。

【0053】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明は、ミラーの軽量化を図るとともに反りの発生を効果的に抑え、より安定した光走査が可能である。ミラーの振れ角を検出して、ミラーの振れ角を高精度に制御することが可能である。低い駆動電圧でミラーの大きな振れ角を得られる。駆動のための電氣的接続及びミラー振動空間の封止を低コストでかつ確実に行うことができる、等々の利点を持つ光走査装置を実現できる効果を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の光走査装置の基本構造を説明するための概略斜視図である。

【図2】ミラーの駆動原理を説明するための模式図である。

【図3】ミラー駆動パルス波形とミラー振動波形を示す波形図である。

【図4】ミラーの反り量とその抑制効果を示す図である。

【図5】曲げモーメントと断面2次モーメントを説明するための模式図である。

【図6】ミラーの断面形状の説明のための模式図である。

【図7】本発明の光走査装置におけるミラーの断面2次モーメントと捻り回転軸からの距離との典型的な関係を示すグラフである。

【図8】本発明の実施例1を説明するための概略斜視図である。

【図9】図8のミラー基板の捻り回転軸と直交する切断線で切断した断面図である。

【図10】図8のミラーの捻り回転軸と平行な切断線で切断した断面形状を示す模式図である。

【図11】図8のミラーの断面2次モーメントと捻り回転軸からの距離との関係を示すグラフである。

【図12】本発明の実施例2を説明するための概略斜視図である。

【図13】図12のミラー基板の捻り回転軸と直交する切断線で切断した断面図である。

【図14】図12のミラーの捻り回転軸と平行な切断線で切断した断面形状を示す模式図である。

【図15】図12のミラーの断面2次モーメントと捻り回転軸からの距離との関係を示すグラフである。

【図16】本発明の実施例3を説明するための一部破断平面図である。

【図17】図16のミラーの捻り回転軸と平行な切断線で切断した断面図である。

【図18】図16のミラーの断面2次モーメントと捻り回転軸からの距離との関係を示すグラフである。

【図19】本発明の実施例4を説明するための分解斜視図である。

【図20】実施例4を説明するための断面図である。

【図21】本発明の実施例5を説明するための分解斜視図である。

【図22】実施例5を説明するための断面図である。

【図23】陽極装置の概略構成図である。

【図24】ミラー振動空間の圧力に関する実験のための評価装置の構成図である。

【図25】ミラー振動空間の圧力とミラーの振れ角との関係を示すグラフである。

【図26】ミラーの減衰振動波形を示す波形図である。

【図27】ミラーの振動波形と駆動パルスの位相差及び粘性抵抗係数のミラー振動空間圧力との関係を示すグラフである。

【図28】ミラーの駆動パルスと振動波形を示す波形図である。

【符号の説明】

- 3 1 ミラー基板
- 3 2 捻り梁
- 3 3 ミラー
- 4 4 肉抜き部

10

20

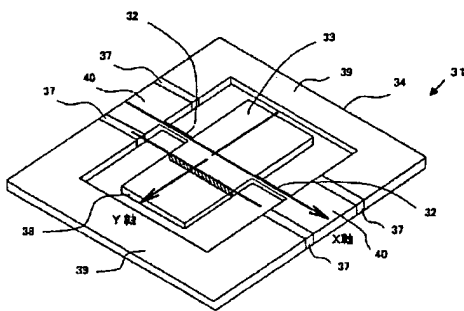
30

40

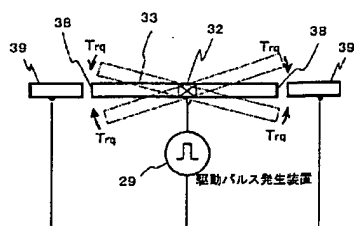
50

50	肉抜き部
55	肉抜き部
59	梁
60	梁
100	ベース基板
102	振れ角検出電極
104	貫通電極
106	貫通電極
108	貫通電極
200	カバー基板

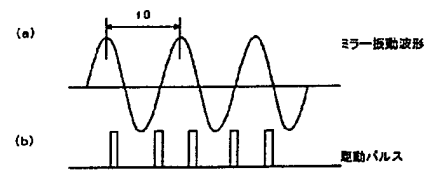
【図1】



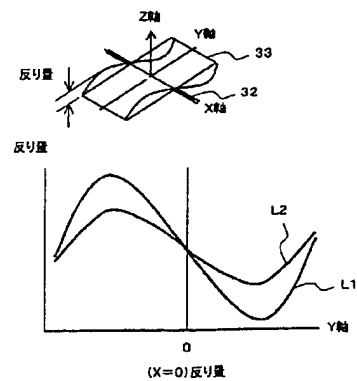
【図2】



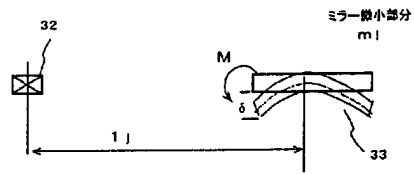
【図3】



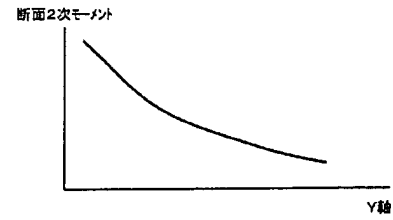
【図4】



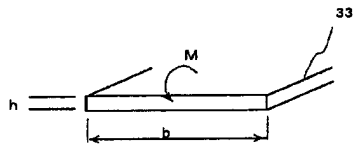
【図 5】



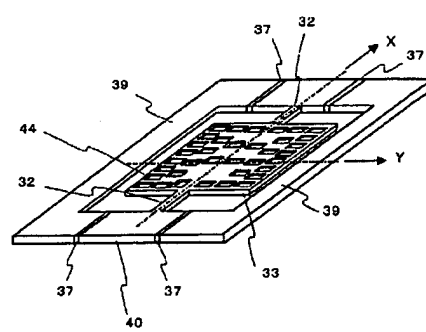
【図 7】



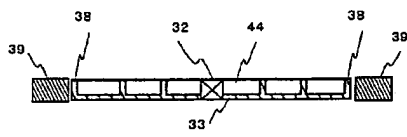
【図 6】



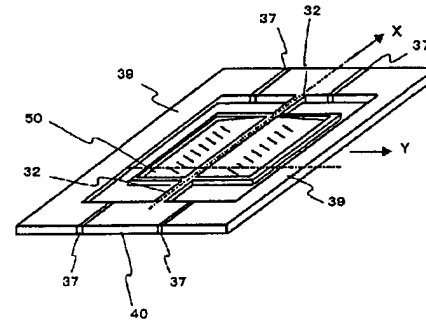
【図 8】



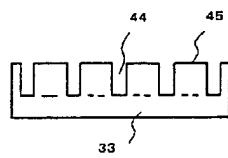
【図 9】



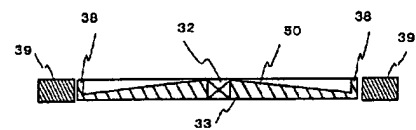
【図 12】



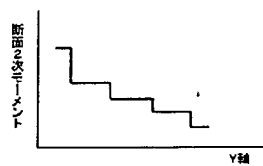
【図 10】



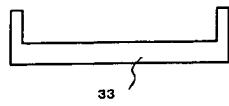
【図 13】



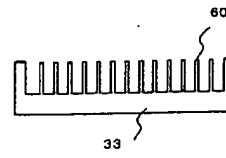
【図 11】



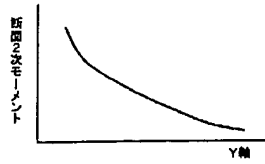
【図14】



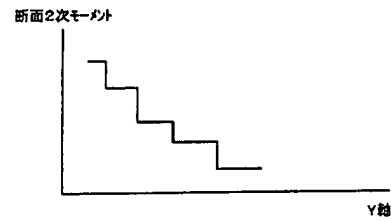
【図17】



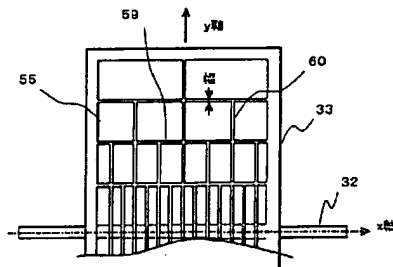
【図15】



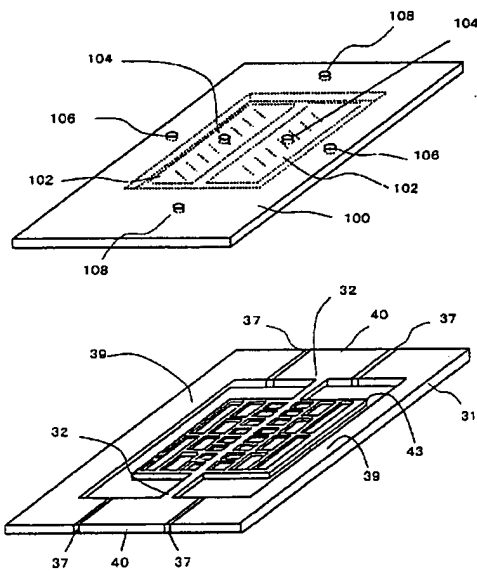
【図18】



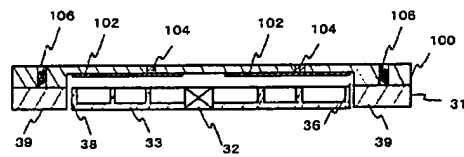
【図16】



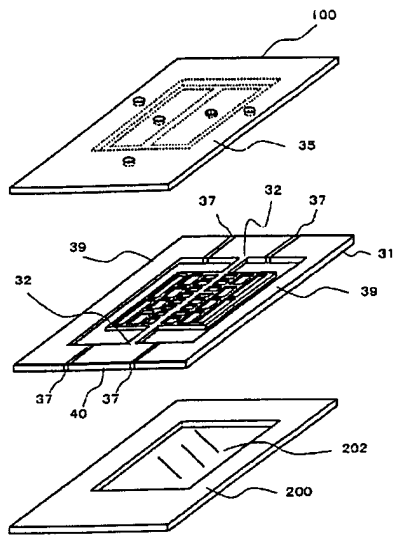
【図19】



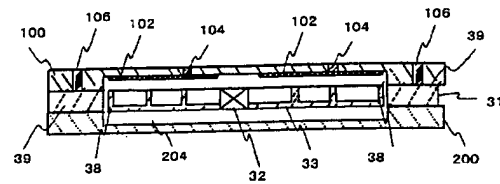
【図20】



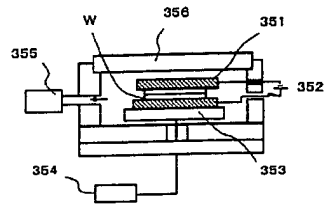
【図 2 1】



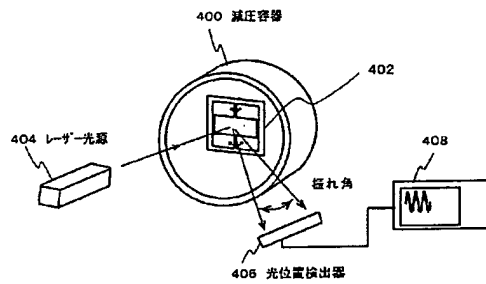
【図 2 2】



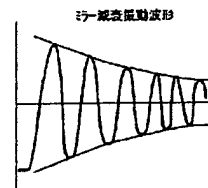
【図 2 3】



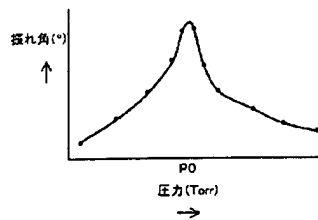
【図 2 4】



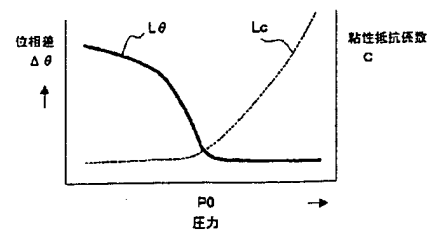
【図 2 6】



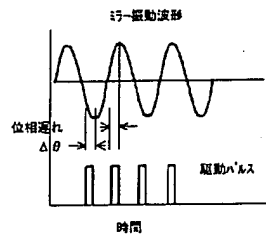
【図 2 5】



【図 2 7】



【図 28】



\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]

Light-scanning equipment characterized by changing the cross-section configuration of said mirror according to the distance from said twist revolving shaft so that it may be made reduction in the light-scanning equipment of a configuration of a mirror twisting, and it being supported by the beam, twisting said twist beam, and carrying out both-way vibration of said mirror as a revolving shaft as a cross-section second moment parallel to said twist revolving shaft of said mirror keeps away from said twist revolving shaft.

[Claim 2]

Light-scanning equipment which carries out meat omission of the field opposite to the mirror side of said mirror, and is characterized by making area without [ this ] meat increase as it separates from said twist revolving shaft in light-scanning equipment according to claim 1.

[Claim 3]

Light-scanning equipment which carries out meat omission of the field opposite to the mirror side of said mirror, and is characterized by making the depth without [ this ] meat increase as it separates from said twist revolving shaft in light-scanning equipment according to claim 1.

[Claim 4]

Light-scanning equipment which leaves and carries out meat omission of the 2nd beam of the direction which intersects perpendicularly a field opposite to the mirror side of said mirror with the 1st beam parallel to said twist revolving shaft, and said twist revolving shaft in light-scanning equipment according to claim 1, and is characterized by decreasing the number of said 2nd beam as it separates from said twist revolving shaft.

[Claim 5]

Light-scanning equipment according to claim 1 which the base member which consists of an insulating member is joined to the mirror substrate with which said mirror and said twist beam consist of a conductive member formed in one, and is characterized by forming the electrode

for detecting the penetration electrode electrically connected with said mirror substrate, and the deflection angle of said mirror to said base member.

[Claim 6]

The light-scanning equipment according to claim 1 characterized by to be formed the penetration electrode which the covering member which consists of the base member and the transparence member which consists of an insulating member is joined, respectively, and the oscillating space of said mirror is sealed, and connects with said mirror substrate electrically at said base member in the 1st field of the mirror substrate with which said mirror and said twist beam consist of a conductive member formed in one, and the 1st field of the opposite side.

[Claim 7]

Light-scanning equipment characterized by making the pressure of the oscillating space of said mirror below into atmospheric pressure in light-scanning equipment according to claim 6.

[Claim 8]

Light-scanning equipment characterized by making the pressure of the oscillating space of said mirror into more than 0.1 (Torr) and below 2 (Torr) in light-scanning equipment according to claim 6.

---

[Translation done.]



\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

This invention relates to the microoptics system adapting a micro-machining technique, especially, twists a minute mirror and relates to the light-scanning equipment which carries out both-way vibration by setting a revolving shaft as a beam.

[0002]

[Description of the Prior Art]

With the light-scanning equipment carried by IBM J.Res.Develop Vol.24 (1980), with the electrostatic attraction between the electrodes which prepared the mirror supported with two beams prepared on the same straight line in the location which counters it, two beams are twisted and both-way vibration is carried out as a revolving shaft. Structure is easy as compared with the light-scanning equipment by rotation of the polygon mirror using the conventional motor, and since package formation in a semi-conductor process is possible, this light-scanning equipment form with a micro-machining technique is easy to miniaturize, and since it is a both-way scan further, it has [ it does not have neither a manufacturing cost nor the effect according to dispersion in the precision of two or more mirror sides like a polygon mirror since it is a low and single mirror side, and ] the advantage of being able to respond also to improvement in the speed.

[0003]

About the torsional-oscillation mold light-scanning equipment of such an electrostatic drive, rigidity is lowered to the patent No. 2924200 official report by using a beam as a S character mold, and that from which the big deflection angle was acquired with small driving force is indicated. Moreover, what made thickness of a beam thinner than a mirror and a frame is indicated by JP,7-92409,A. The patent No. 3011144 official report or The 13 th Annual International Workshop on MEMS2000 (2000) 473-478 What has arranged the fixed electrode

in the location which does not lap in the oscillating direction of the mirror section is indicated. Moreover, The 13 th Annual International Workshop on MEMS2000 (2000) 645-650 \*\*\*\* -- what lowered driver voltage by making a counterelectrode incline from the center position of the deflection of a mirror, and installing it, without changing the deflection angle of a mirror is indicated.

holddown member 5 where resonance frequency is adjusted to  $f_0$ , since a mirror 1 and a holddown member 5 have conductivity, a mirror 1 will act as a movable electrode and a holddown member 5 will act as a fixed electrode, respectively. Thereby, an electrostatic field is formed in an electrode gap 11, and a mirror 1 shows resonance vibration with the electrostatic suction force to generate. Drawing 7 is drawing showing applied voltage  $V$  and the relation of the deflection angle  $\theta$  of a mirror 1. If applied voltage  $V$  is changed with a driving gear 30, it will sway, as shown in drawing 7, and angle  $\theta$  will change. By adjusting applied voltage  $V$ , the deflection angle  $\theta$  of a request of a mirror 1 can be acquired. Moreover, with the micro-machining technique using silicon, since the processing error of a mirror 1 or an elastic member 3 is made few, adjustable ranges, such as a frequency and applied voltage, can be made small.

[0021] In the configuration of the above-mentioned optical scanner, in order to enlarge the deflection angle of a mirror 1, it can be the following about the configuration of a mirror. Drawing 8 is the perspective view showing the sixth operation gestalt of the optical scanner concerning this invention. Moreover, drawing 9 is the sectional view of a mirror. The configuration of a mirror 1 consists of a thin-walled part 42 by which meat omission was carried out, and the rib section 43 by which meat omission is not carried out. Thus, the value of moment-of-inertia  $I$  in the formula 2 mentioned above becomes small by having carried out meat omission of the configuration of a mirror 1. Thereby, the deflection angle  $\theta$  of a mirror 1 can be enlarged further.

[0022] Moreover, in the configuration of the above-mentioned optical scanner, in order to enlarge the deflection angle of a mirror 1, it can be the following about the configuration of the electrode formed in a mirror 1 and a holddown member 5. Drawing 10 is the perspective view showing the seventh operation gestalt of the optical scanner concerning this invention. The movable electrode 45 which carried out the ctenidium configuration is formed in mirror 1 side face, and the fixed electrode 46 which similarly carried out the ctenidium configuration is formed in the holddown member 5. The movable electrode 45 and the fixed electrode 46 have composition which engages mutually and counters. The value of the inter-electrode opposed face product  $S$  in the formula 3 mentioned above can be made to increase by such configuration. An increment of the inter-electrode opposed face product  $S$  increases the value of the electrostatic torque  $T_q$ . By the increment in the electrostatic torque  $T_q$ , the deflection angle  $\theta$  of the mirror 1 drawn by the formula 2 becomes large.

[0023] The light-scanning equipment of this invention can be considered as the configuration which arranged two or more optical scanners with one of the above-mentioned configurations. Drawing 11 is the sectional view showing the configuration of the light-scanning equipment concerning this invention. On the base 31, two or more optical scanners 4 are arranged. 30 is a driving gear which impresses driver voltage. Moreover, it is the laser beam in which 28 was

reflected in according to the laser light source, and 29 was reflected by the mirror 1. Drawing 12 is drawing showing the result of having measured the resonance frequency  $f_0$  of each optical scanner 4. Each optical scanner 4 has each resonance frequency, as shown in drawing 12. Here, with the resonance frequency accommodation means mentioned above, if largest resonance frequency is set to  $f_{04}$ , it will adjust so that the resonance frequency  $f_{01}$ ,  $f_{02}$ , and  $f_{03}$  of the other optical scanners 4 may be made in agreement with  $f_{04}$ . Thereby, since drive frequency of a driving gear 30 is made individually, a drive circuit can be simplified.

[0024] Furthermore, the image formation equipment of this invention should carry light-scanning equipment with one of the above-mentioned configurations. Drawing 13 is the outline block diagram of the laser beam printer which is 1 operation gestalt of the image formation equipment of this invention. The laser beam printer 66 as image formation equipment Light-scanning equipment 60 with one of the above-mentioned configurations, and the photo conductor 65 with which an electrostatic latent image is formed of the reflective laser light deflected by the mirror 1 of light-scanning equipment 60, A development means 62 to develop with a toner the electrostatic latent image formed in the photo conductor 65, It has the imprint means 63 for imprinting the toner image formed on the photo conductor 65 on the recorded body, the recorded body supply means 64 for supplying the recorded body to the image formation section, and the fixing means 67 for fixing the toner image on the recorded body. Drawing 14 is drawing which looked at light-scanning equipment 60 and a photo conductor 65 from the top. Two or more arrangement of the optical scanner 4 is carried out in the main scanning direction. The laser light source 28 emits light based on the picture signal by picture signal generation equipment (not shown). Incidence of the laser beam irradiated from the laser light source 28 is carried out to light-scanning equipment 60. The reflective laser light 29 deflected by the mirror 1 of light-scanning equipment 60 forms an electrostatic latent image on a photo conductor 65.

[0025]

[Effect of the Invention]